

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-013353

(43)Date of publication of application : 16.01.1998

(51)Int.Cl.

H04B 10/152
H04B 10/142
H04B 10/04
H04B 10/06
G02F 2/00

(21)Application number : 08-165883

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO
LTD
NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 26.06.1996

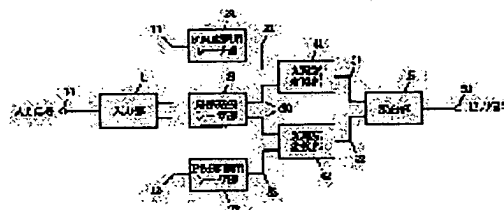
(72)Inventor : UCHIUMI KUNIAKI
YAMAMOTO HIROAKI
FUSE MASARU
KIKUSHIMA KOJI

(54) FREQUENCY MODULATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a frequency modulator where CNR(carrier-to-noise ratio) performance is more improved.

SOLUTION: An input part 1 outputs a non-inverse signal 11 of an input signal 10 and an inverse signal 12. Two FM modulating laser parts 21 and 22 are driven respectively by the non-inverse signal 11 and the inverse signal 12. A photoelectric converting part 41 wave-synthesizes the output light 31 of the FM modulating laser part 21 with the output light 30 of a local oscillation laser part 3, converts it into an electric signal and, then, executes optical heterodyne wave detection so as to output a beat signal 51. In a same way, the photoelectric converting part 42 wave-synthesizes the output light 32 of the FM modulating laser part 22 with the output light 30 of the local oscillation laser part 3, converts it into the electric signal and, then, executes optical heterodyne wave detection so as to output the beat signal 52. A mixing part 5 mixes the two beat signals 51 and 52 so as to output an FM modulating signal 60 which is provided with two-fold frequency shift as compared with a case of one FM modulating laser part.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 13.04.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

Searching PAJ

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3460451

[Date of registration]

15.08.2003

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection][Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-13353

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月16日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B 10/152			H 0 4 B 9/00	L
10/142			G 0 2 F 2/00	
10/04				
10/06				
G 0 2 F 2/00				

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平8-165883

(22) 出願日 平成 8 年(1996) 6 月26日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番 2 号

(72) 発明者 内海 邦昭

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 山本 浩明

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小笠原 史朗

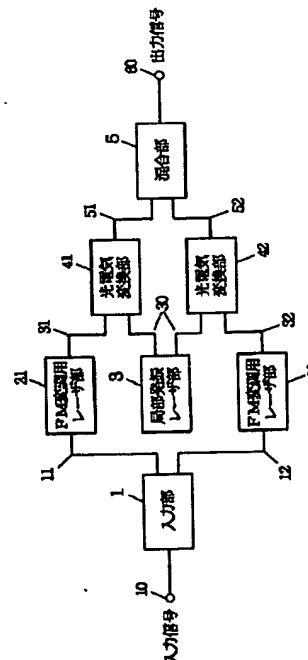
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 周波数変調器

(57) 【要約】

【課題】 CNR性能をさらに改善することのできる周波数変調器を提供することである。

【解決手段】 入力部1は、入力信号10の非反転信号11および反転信号12を出力する。2つのFM変調用レーザ部21および22は、それぞれ、非反転信号11および反転信号12によって駆動される。光電気変換部41は、FM変調用レーザ部21の出力光31と、局部発振レーザ部3の出力光30とを合波して電気信号に変換することにより、光ヘテロダイン検波し、ビート信号51を出力する。同様に、光電気変換部42は、FM変調用レーザ部22の出力光32と、局部発振レーザ部3の出力光30とを合波して電気信号に変換することにより、光ヘテロダイン検波し、ビート信号52を出力する。混合部5は、2つのビート信号51および52を混合することによって、FM変調用レーザ部が1つの場合に比べて2倍の周波数偏移を有するFM変調信号60を出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ヘテロダイン方式により、入力信号を
広帯域周波数変調信号に変換するための周波数変調器で
あって、
前記入力信号の非反転信号と反転信号を出力する入力部
と、
前記入力信号の非反転信号によって駆動され、周波数変
調された中心波長 λ_1 の出力光を発生する第 1 の周波数
変調用レーザ部と、
前記入力信号の反転信号によって駆動され、周波数変調
された中心波長 λ_2 の出力光を発生する第 2 の周波数変
調用レーザ部と、
中心波長 λ_0 の無変調光を発生する局部発振レーザ部
と、
前記第 1 の周波数変調用レーザ部からの出力光と、前記
局部発振レーザ部の出力光とを合波し、光ヘテロダイン
検波して電気信号であるビート信号に変換する第 1 の光
電気変換部と、
前記第 2 の周波数変調用レーザ部からの出力光と、前記
局部発振レーザ部の出力光とを合波し、光ヘテロダイン
検波して電気信号であるビート信号に変換する第 2 の光
電気変換部と、
前記第 1 および第 2 の光電気変換部からの出力信号を混
合し、両出力信号の周波数差を有するビート信号を出力
する混合部とを備え、
前記中心波長 λ_1 および前記中心波長 λ_2 の両方が、前
記中心波長 λ_0 よりも長波長側か、または短波長側に配
置されていることを特徴とする、周波数変調器。
【請求項 2】 光ヘテロダイン方式により、入力信号を
広帯域周波数変調信号に変換するための周波数変調器で
あって、
前記入力信号を分岐して 2 つの分岐信号を出力する分岐
部と、
前記 2 つの分岐信号のいずれか一方によって駆動され、
周波数変調された中心波長 λ_1 の出力光を発生する第 1
の周波数変調用レーザ部と、
前記 2 つの分岐信号のいずれか他方によって駆動され、
周波数変調された中心波長 λ_2 の出力光を発生する第 2
の周波数変調用レーザ部と、
中心波長 λ_0 の無変調光を発生する局部発振レーザ部
と、
前記第 1 の周波数変調用レーザ部からの出力光と、前記
局部発振レーザ部の出力光とを合波し、光ヘテロダイン
検波して電気信号であるビート信号に変換する第 1 の光
電気変換部と、
前記第 2 の周波数変調用レーザ部からの出力光と、前記
局部発振レーザ部の出力光とを合波し、光ヘテロダイン
検波して電気信号であるビート信号に変換する第 2 の光
電気変換部と、
前記第 1 および第 2 の光電気変換部からの出力信号を混

合し、両出力信号の周波数差を有するビート信号を出力
する混合部とを備え、

前記中心波長 λ_1 および前記中心波長 λ_2 が、前記中心
波長 λ_0 を挟んで、それぞれ、短波長側および長波長側
に、または長波長側および短波長側に分散して配置され
ていることを特徴とする、周波数変調器。

【請求項 3】 光ヘテロダイン方式により、入力信号を
広帯域周波数変調信号に変換するための周波数変調器で
あって、

前記入力信号を分岐して 2 つの分岐信号を出力する分岐
部と、
前記 2 つの分岐信号のいずれか一方によって駆動され、
周波数変調された中心波長 λ_1 の出力光を発生する第 1
の周波数変調用レーザ部と、
前記 2 つの分岐信号のいずれか他方によって駆動され、
周波数変調された中心波長 λ_2 の出力光を発生する第 2
の周波数変調用レーザ部と、
中心波長 λ_0 の無変調光を発生する局部発振レーザ部
と、
前記第 1 の周波数変調用レーザ部からの出力光と、前記
局部発振レーザ部の出力光とを合波し、光ヘテロダイン
検波して電気信号であるビート信号に変換する第 1 の光
電気変換部と、
前記第 2 の周波数変調用レーザ部からの出力光と、前記
局部発振レーザ部の出力光とを合波し、光ヘテロダイン
検波して電気信号であるビート信号に変換する第 2 の光
電気変換部と、
前記第 1 および第 2 の光電気変換部からの出力信号を結
合して出力する結合部とを備え、
前記中心波長 λ_1 および前記中心波長 λ_2 の両方が、前
記中心波長 λ_0 よりも長波側か、または短波側に配置さ
れており、かつ、いずれの場合も前記第 1 および第 2 の
光電気変換部の出力信号の中心周波数が、互いに同じ値
に選ばれていることを特徴とする、周波数変調器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、周波数変調器に関
し、より特定的には、光ヘテロダイン方式を用いた広帯
域周波数変調器に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、光ヘテロダイン方式を用いた
FM 変調器が知られている。このような FM 変調器は、
例えば、K. Kikushima, et al., "Op
tical Super Wide-Band FM
Modulation Scheme and Its
Application to Multi-Cha
nnel AM Video Transmissio
n Systems", IOOC'95 Techni
cal Digest, Vol. 5, PD2-7, p
p. 33-34 に示されている。

【0003】図7は、上記文献に示された従来のFM変調器の構成を示すブロック図である。図7において、このFM変調器は、FM変調用レーザ部2と、局部発振レーザ部3と、光電気変換部41とを備えている。

【0004】次に、上記従来のFM変調器の動作を説明する。FM変調用レーザ部2は、レーザ光源を含み、入力信号（電気信号）10を当該レーザ光源に駆動電流として与える。従って、FM変調用レーザ部2からは、入力信号10によって強度変調されたレーザ光が出力される。このレーザ光は、強度変調されるときに、いわゆる周波数チャープを生じる。そのため、FM変調用レーザ部2から出力されるレーザ光は、同時に周波数も変調されている。この光の周波数変調を受けたレーザ光が、FM変調光31である。局部発振レーザ部3は、線幅の狭い局部発振光30を出力する。光電気変換部41は、FM変調光31と局部発振光30とを光ヘテロダイン検波する。

【0005】線幅の狭い局部発振光30と、FM変調光31とを合波して光ヘテロダイン検波をすれば、2つの光信号の差の周波数を有するビート信号50が、光電気変換部41の出力として得られる。ここで、FM変調光31は、光の周波数変調分だけ周波数が変調されている。ビート信号50のFM変調指数は、FM変調用レーザ部2の周波数チャープ量で決まるので、電気回路によるFM変調では実現できないような非常に広帯域のFM変調信号が、ビート信号50として得られる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記のような構成を有する従来のFM変調器では、FM変調信号の性能である搬送波対雑音比（以下、CNRと称する）は、FM変調用レーザ部2での周波数偏移量が大きくなるほど大きくなり、また、FM変調用レーザ部2および局部発振レーザ部3の2つの光源の線幅が細くなるほど大きくなる。これら2つの光源の線幅は、レーザに依存したパラメータであり、使用条件による制限に起因して大きく変えることはできないが、FM変調レーザ部2への入力信号10の振幅を大きくすれば、周波数偏移を大きくすることはできる。但し、レーザ光源は、閾値特性を有しているため、ある程度以上に入力信号の振幅を大きくすると、歪が発生する。そのため、入力信号の振幅増大化にも限度があり、それ以上CNR性能を改善することが困難であるという課題を有していた。

【0007】それ故に、本発明の目的は、CNR性能をさらに改善することのできる周波数変調器を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段および発明の効果】第1の発明は、光ヘテロダイン方式により、入力信号を広帯域周波数変調信号に変換するための周波数変調器であつ

て、入力信号の非反転信号と反転信号を出力する入力部と、入力信号の非反転信号によって駆動され、周波数変調された中心波長 λ_1 の出力光を発生する第1の周波数変調用レーザ部と、入力信号の反転信号によって駆動され、周波数変調された中心波長 λ_2 の出力光を発生する第2の周波数変調用レーザ部と、中心波長 λ_0 の無変調光を発生する局部発振レーザ部と、第1の周波数変調用レーザ部からの出力光と、局部発振レーザ部の出力光とを合波し、光ヘテロダイン検波して電気信号であるビート信号に変換する第1の光電気変換部と、第2の周波数変調用レーザ部からの出力光と、局部発振レーザ部の出力光とを合波し、光ヘテロダイン検波して電気信号であるビート信号に変換する第2の光電気変換部と、第1および第2の光電気変換部からの出力信号を混合し、両出力信号の周波数差を有するビート信号を出力する混合部とを備え、中心波長 λ_1 および中心波長 λ_2 の両方が、中心波長 λ_0 よりも長波長側か、または短波長側に配置されていることを特徴とする。

【0009】上記第1の発明では、第1および第2の周波数変調用レーザ部は、それぞれ、互いに反転関係にある入力信号の非反転信号および反転信号によって変調動作を行うので、第1および第2の周波数変調用レーザ部の出力光の周波数偏移の極性は、互いに逆の関係にある。この関係は、第1および第2の光電気変換部から出力されるビート信号においても同じである。したがって、混合部の出力信号の周波数偏移は、第1の光電気変換部から出力されるビート信号の周波数偏移と、第2の光電気変換部から出力されるビート信号の周波数偏移との和となる。ここで、第1の光電気変換部から出力されるビート信号の周波数偏移量と、第2の光電気変換部から出力されるビート信号の周波数偏移量とが同じであれば、混合部の出力信号の周波数偏移量は、周波数変調用レーザ部および光電気変換部をそれぞれ1組だけ含む従来のFM変調器に比べて2倍となる。

【0010】以上説明したように、第1の発明によれば、周波数変調用レーザ部を2組用いることにより、出力信号の周波数偏移を従来の2倍にでき、CNR性能を大幅に改善することができる。

【0011】第2の発明は、光ヘテロダイン方式により、入力信号を広帯域周波数変調信号に変換するための周波数変調器であつて、入力信号を分岐して2つの分岐信号を出力する分岐部と、2つの分岐信号のいずれか一方によって駆動され、周波数変調された中心波長 λ_1 の出力光を発生する第1の周波数変調用レーザ部と、2つの分岐信号のいずれか他方によって駆動され、周波数変調された中心波長 λ_2 の出力光を発生する第2の周波数変調用レーザ部と、中心波長 λ_0 の無変調光を発生する局部発振レーザ部と、第1の周波数変調用レーザ部からの出力光と、局部発振レーザ部の出力光とを合波し、光ヘテロダイン検波して電気信号であるビート信号に変換

5
する第1の光電気変換部と、第2の周波数変調用レーザ部からの出力光と、局部発振レーザ部の出力光とを合波し、光ヘテロダイン検波して電気信号であるビート信号に変換する第2の光電気変換部と、第1および第2の光電気変換部からの出力信号を混合し、両出力信号の周波数差を有するビート信号を出力する混合部とを備え、中心波長 λ_1 および中心波長 λ_2 が、中心波長 λ_0 を挟んで、それぞれ、短波長側および長波長側に、または長波長側および短波長側に分散して配置されていることを特徴とする。

【0012】上記第2の発明では、第1および第2の周波数変調用レーザ部は、それぞれ同じ波形の分岐信号に基づいて変調動作を行うので、それぞれの出力光の周波数偏移の極性は、互いに同じ関係にある。しかしながら、それぞれの出力光の中心波長 λ_1 および λ_2 が、局部発振レーザ部の出力光の中心波長 λ_0 を挟んで、 $\lambda_1 < \lambda_0 < \lambda_2$ または $\lambda_2 < \lambda_0 < \lambda_1$ の関係にあるので、第1および第2の光電気変換部から出力されるビート信号の周波数偏移の極性は、互いに逆の関係になる。したがって、混合部の出力信号の周波数偏移は、第1の光電気変換部から出力されるビート信号の周波数偏移と、第2の光電気変換部から出力されるビート信号の周波数偏移との和となる。ここで、第1の光電気変換部から出力されるビート信号の周波数偏移量と、第2の光電気変換部から出力されるビート信号の周波数偏移量とが同じであれば、混合部の出力信号の周波数偏移量は、周波数変調用レーザ部および光電気変換部をそれぞれ1組だけ含む従来のFM変調器に比べて2倍となる。

【0013】以上説明したように、第2の発明も第1の発明と同様に、周波数変調用レーザ部を2組用いることにより、出力信号の周波数偏移を従来の2倍にでき、CNR性能を大幅に改善することができる。

【0014】第3の発明は、光ヘテロダイン方式により、入力信号を広帯域周波数変調信号に変換するための周波数変調器であって、入力信号を分岐して2つの分岐信号を出力する分岐部と、2つの分岐信号のいずれか一方によって駆動され、周波数変調された中心波長 λ_1 の出力光を発生する第1の周波数変調用レーザ部と、2つの分岐信号のいずれか他方によって駆動され、周波数変調された中心波長 λ_2 の出力光を発生する第2の周波数変調用レーザ部と、中心波長 λ_0 の無変調光を発生する局部発振レーザ部と、第1の周波数変調用レーザ部からの出力光と、局部発振レーザ部の出力光とを合波し、光ヘテロダイン検波して電気信号であるビート信号に変換する第1の光電気変換部と、第2の周波数変調用レーザ部からの出力光と、局部発振レーザ部の出力光とを合波し、光ヘテロダイン検波して電気信号であるビート信号に変換する第2の光電気変換部と、第1および第2の光電気変換部からの出力信号を結合して出力する結合部と

を備え、中心波長 λ_1 および中心波長 λ_2 の両方が、中心波長 λ_0 よりも長波側か、または短波側に配置されており、かつ、いずれの場合も第1および第2の光電気変換部の出力信号の中心周波数が、互いに同じ値に選ばれていることを特徴とする。

【0015】上記第3の発明では、第1および第2の周波数変調用レーザ部は、それぞれ同じ波形の分岐信号に基づいて変調動作を行うので、それぞれの出力光の周波数偏移の極性は、互いに同じ関係にある。しかも、

10 $\lambda_1 = \lambda_2 > \lambda_0$ または $\lambda_1 = \lambda_2 < \lambda_0$

の関係にあるので、第1および第2の光電気変換部から出力されるビート信号の周波数偏移の極性も互いに同じ関係になる。このように、中心周波数が同じで周波数偏移が同じであれば、結合部の出力信号の振幅は、第1および第2の光電気変換部から出力されるビート信号の振幅の和となる。ここで、第1の光電気変換部から出力されるビート信号の振幅と、第2の光電気変換部から出力されるビート信号の振幅とが同じであれば、結合部の出力信号の振幅は、周波数変調用レーザ部および光電気変換部をそれぞれ1組だけ含む従来のFM変調器に比べて2倍となる。ただし、第1および第2の光電気変換部から出力されるビート信号が有しているノイズ成分も加算されることになるが、これらノイズ成分は互いにランダムに変化するため、加算後のノイズの振幅は2倍以下となる。

【0016】以上説明したように、第3の発明によれば、周波数変調用レーザ部を2組用いることにより、ノイズの振幅を抑えながら出力信号の振幅を従来の2倍にでき、CNR性能を大幅に改善することができる。

30 【0017】

【発明の実施の形態】

(1) 第1の実施形態

図1は、本発明の第1の実施形態に係るFM変調器の構成を示すブロック図である。図1において、本実施形態のFM変調器は、入力部1と、1対のFM変調用レーザ部2 1および2 2と、局部発振レーザ部3と、1対の光電気変換部4 1および4 2と、混合部5とを備えている。なお、局部発振レーザ部3 0は、同じ局部発振光3 0を2つ出力できる構成となっている。

40 【0018】以上のように構成された第1の実施形態のFM変調器について、以下にその動作を説明する。入力部1は、入力信号1 0の非反転信号1 1および反転信号1 2を生成し、それぞれ、FM変調用レーザ部2 1および2 2に出力する。FM変調用レーザ部2 1は、非反転信号1 1に従って周波数変調されたレーザ光、すなわちFM変調光3 1を出力する。同様に、FM変調用レーザ部2 2は、反転信号1 2に従って周波数変調されたレーザ光、すなわちFM変調光3 2を出力する。光電気変換部4 1は、FM変調用レーザ部2 1からのFM変調光3 1と局部発振レーザ部3からの局部発振光3 0とを合波

して光電気変換することにより、光ヘテロダイン検波し、ビート信号51を出力する。光電気変換部42は、FM変調用レーザ部22からのFM変調光32と局部発振レーザ部3からの局部発振光30とを合波して光電気変換することにより、光ヘテロダイン検波し、ビート信号52を出力する。混合部5は、2つの光電気変換部41および42からのビート信号51および52を混合して、そのビート信号を出力信号60として出力する。

【0019】図2は、第1の実施形態のFM変調器の各部における周波数スペクトラムを示す模式図である。図2において、それぞれ、(a)は局部発振光30、(b)はFM変調光31、(c)はFM変調光32、(d)はビート信号51、(e)はビート信号52、(g)は出力信号60の周波数スペクトラムを示している。

【0020】上記のように、図2(a)は、無変調である局部発振光30の周波数スペクトラムを示しており、その中心光周波数を ν_0 とする(以下では、波長の代わりに光周波数で表記する)。また、図2(b)および(c)は、FM変調光31および32の周波数スペクトラムを示しており、その中心光周波数をそれぞれ ν_1 および ν_2 とする。

【0021】光電気変換部41は、FM変調光31と局部発振光30とを合波して光電気変換することにより、光ヘテロダイン検波し、2つの信号の差の周波数成分のビート信号51を出力する。一般に、ビート信号以外の成分、例えばFM変調光31の強度変調成分等は、フィルタによって除去される。したがって、ビート信号51の周波数スペクトラムは、図2(d)のようになり、その中心周波数は、

$$f_1 = \nu_1 - \nu_0$$

となる。実際上は、中心周波数が f_1 となるように、AFC(自動周波数制御)により、FM変調用レーザ部21または局部発振レーザ部3内のレーザ光源の温度等が制御される。本実施形態の構成であれば、局部発振レーザ部3は、FM変調用レーザ部22にも関係するので、FM変調用レーザ21の光周波数つまり波長を制御するほうが容易である。

【0022】光電気変換部42も上記の光電気変換部41と同様の動作を行う。すなわち、FM変調光32と局部発振光30とを合波して光電気変換することにより、光ヘテロダイン検波し、2つの信号の差の周波数成分のビート信号52を出力する。したがって、ビート信号52の周波数スペクトラムは図2(e)のようになり、その中心周波数は、

$$f_2 = \nu_2 - \nu_0$$

となる。

【0023】混合部5は、ビート信号51とビート信号52を混合して、2つの信号の差の周波数成分のビートである出力信号60を出力する。したがって、出力信号

60の周波数スペクトラムは図2(g)のようになり、その中心周波数は、

$$f_3 = f_2 - f_1$$

となる。中心周波数 f_3 が維持されるように、周波数 f_1 および f_2 がAFCで安定化される。前述したように、周波数 f_1 および f_2 は、好ましくはFM変調用レーザ部21および22のAFCにより安定化される。したがって、FM変調光31および32の中心光周波数 ν_1 および ν_2 を制御することにより、出力信号60の周波数 f_3 が安定化される。

【0024】FM変調用レーザ部21および22は、それぞれ、互いに反転関係にある非反転信号11および反転信号12によって変調動作を行うので、FM変調光31および32の周波数偏移の極性は、互いに逆の関係にある。この関係は、ビート信号51および52においても同じである。したがって、出力信号60の周波数偏移は、ビート信号51とビート信号52の周波数偏移の和となる。ビート信号51とビート信号52の周波数偏移量が同じであれば、出力信号60の周波数偏移は、ビート信号51もしくは52の周波数偏移の2倍となる。なお、ビート信号51および52が有しているノイズの原因となる周波数揺らぎも加算されることになるが、互いにランダムであるため、加算してもその合計は2倍以下となる。

【0025】なお、上記第1の実施形態では、光周波数の関係は、

$$\nu_1 > \nu_0 \text{ かつ } \nu_2 > \nu_0$$

としたが、反対に

$$\nu_1 < \nu_0 \text{ かつ } \nu_2 < \nu_0$$

でも同様の結果は得られる。

【0026】以上のように、第1の実施形態によれば、FM変調用レーザ部を2つ用いることにより、出力信号の周波数偏移を2倍にでき、結果としてCNR性能を改善することができる。また、中心周波数 f_3 は、FM変調光31および32の中心光周波数 ν_1 および ν_2 によってのみ決定されるので、局部発振光30の中心光周波数 ν_0 の変動揺らぎがある程度存在しても中心周波数 f_3 への影響はない構成となっている。また、FM変調光31および32の強度変調分が打ち消され、強度変調分による影響を除去できるという利点が本構成により達成される。

【0027】(2)第2の実施形態

図3は、本発明の第2の実施形態に係るFM変調器の構成を示すブロック図である。図3において、本実施形態は、前述した第1の実施形態(図1参照)における入力部1に代えて分岐部7が設けられている。その他の構成は、第1の実施形態と同様であり、相当する部分には同一の参照番号を付し、その説明を省略する。かかる構成の第2の実施形態は、第1の実施形態とは中心光周波数の関係が異なっている。

【0028】以上のように構成された第2の実施形態のFM変調器について、以下にその動作を説明する。分岐部7は、入力信号10を2つに分岐し、分岐信号71および72を出力する。FM変調用レーザ部21は、分岐信号71によって駆動され、FM変調光33を出力する。同様に、FM変調用レーザ部22は、分岐信号72によって駆動され、FM変調光34を出力する。光電気変換部41は、FM変調用レーザ部21からのFM変調光33と局部発振レーザ部3からの局部発振光30とを合波し、光ヘテロダイン検波してビート信号53を出力する。光電気変換部42は、FM変調用レーザ部22からのFM変調光34と局部発振レーザ部3からの局部発振光30とを合波し、光ヘテロダイン検波してビート信号54を出力する。混合部5は、2つの光電気変換部41および42からのビート信号53および54を混合して、ビート信号を出力信号60として出力する。

【0029】図4は、上記第2の実施形態のFM変調器の各部における周波数スペクトラムを示す模式図である。図4において、それぞれ、(a)は局部発振光30、(h)はFM変調光33、(i)はFM変調光34、(j)はビート信号53、(k)はビート信号54、(m)は出力信号60の周波数スペクトラムを示している。

【0030】上記のように、図4(a)は、無変調である局部発振光30の周波数スペクトラムを示しており、その中心光周波数を ν_0 とする。また、図4(h)および(i)は、FM変調光33および34の周波数スペクトラムを示しており、その中心光周波数をそれぞれ ν_3 および ν_4 とする。

【0031】光電気変換部41は、FM変調光33と局部発振光30とを合波して光電気変換することにより、光ヘテロダイン検波し、2つの信号の差の周波数成分のビート信号53を出力する。一般に、ビート信号以外の成分、例えばFM変調光33の強度変調成分等は、フィルタによって除去される。したがって、ビート信号53の周波数スペクトラムは、図4(j)のようになり、その中心周波数は、

$$f_4 = \nu_0 - \nu_3$$

となる。実際上は、中心周波数が f_4 となるように、AFC(自動周波数制御)により、FM変調用レーザ部21または局部発振レーザ部3内のレーザ光源の温度等が制御される。本実施形態の構成であれば、局部発振レーザ部3は、FM変調用レーザ部22とも関係するので、局部発振レーザ部3の光周波数つまり波長は十分な精度で一定値に安定化されており、FM変調用レーザ21の光周波数つまり波長を制御するほうが容易である。

【0032】光電気変換部42も上記の光電気変換部41と同様の動作を行う。すなわち、FM変調光34と局部発振光30を合波して光電気変換することにより、光ヘテロダイン検波し、2つの信号の差の周波数成分のビ

ート信号54を出力する。したがって、ビート信号54の周波数スペクトラムは図4(k)のようになり、その中心周波数は、

$$f_5 = \nu_4 - \nu_0$$

となる。

【0033】混合部5は、ビート信号53とビート信号54を混合して、2つの信号の差の周波数成分のビートである出力信号60を出力する。したがって、出力信号60の周波数スペクトラムは図4(m)のようになり、その中心周波数は、

$$f_6 = f_5 - f_4$$

となる。中心周波数 f_6 が維持されるように、周波数 f_4 および f_5 がAFCで安定化される。前述したように、周波数 f_4 および f_5 は、好ましくはFM変調用レーザ部21および22のAFCにより安定化される。したがって、FM変調光33および34の中心光周波数 ν_3 および ν_4 を制御することにより、出力信号60の中心周波数 f_6 が安定化される。

【0034】FM変調用レーザ部21および22は、それぞれ同じ波形の分岐信号71および72に基づいて変調動作を行うので、FM変調光31および32の周波数偏移の極性は、互いに同じ関係にある。しかしながら、FM変調光33および34の中心光周波数 ν_3 および ν_4 は、 ν_0 を挟んで、

$$\nu_3 < \nu_0 < \nu_4$$

の関係(波長では、FM変調光33が最も長波長、FM変調光34が最も短波長)にあるので、ビート信号53および54の周波数偏移の極性は、互いに逆の関係になる。したがって、出力信号60の周波数偏移は、ビート信号53および54の周波数偏移の和となる。ビート信号53および54の周波数偏移量が、互いに同じであれば、出力信号60の周波数偏移は、ビート信号53もしくは54の周波数偏移の2倍となる。なお、ビート信号53および54が有しているノイズの原因となる周波数揺らぎも加算されることになるが、互いにランダムであるため、加算してもその合計は2倍以下となる。

【0035】なお、上記第2の実施形態では、中心光周波数の関係は、

$$\nu_3 < \nu_0 < \nu_4$$

としたが、反対に

$$\nu_3 > \nu_0 > \nu_4$$

でも同様の結果は得られる。

【0036】以上のように、第2の実施形態によれば、FM変調用レーザ部を2つ用いることにより、出力信号の周波数偏移を2倍にでき、CNR性能を改善することができる。また、光周波数の関係を上記のように設定することによって、第1の実施形態の入力部1を入力信号10を分岐するだけの機能を有する分岐部7に置き換えることができ、構成がより簡易になる。

【0037】(3)第3の実施形態

図5は、本発明の第3の実施形態に係るFM変調器の構成を示すブロック図である。図5において、本実施形態は、前述した第2の実施形態（図3参照）における混合部5に代えて結合部6が設けられている。その他の構成は、第2の実施形態と同様であり、相当する部分には同一の参照番号を付し、その説明を省略する。

【0038】以上のように構成された第3の実施形態のFM変調器について、以下にその動作を説明する。分岐部7は、入力信号10を2つに分岐し、分岐信号71および72を出力する。FM変調用レーザ部21は、分岐信号71によって駆動され、FM変調光81を出力する。同様に、FM変調用レーザ部22は、分岐信号72によって駆動され、FM変調光82を出力する。光電気変換部41は、FM変調用レーザ部21からのFM変調光81と局部発振レーザ部3からの局部発振光30とを合波し、光ヘテロダイン検波してビート信号91を出力する。光電気変換部42は、FM変調用レーザ部22からのFM変調光82と局部発振レーザ部3からの局部発振光30とを合波し、光ヘテロダイン検波してビート信号92を出力する。結合部6は、2つの光電気変換部41および42からのビート信号91および92を結合し、出力信号100として出力する。

【0039】図6は、上記第3の実施形態のFM変調器の各部における周波数スペクトラムを示す模式図である。図6において、それぞれ、(a)は局部発振光30、(n)はFM変調光81、(p)はFM変調光82、(r)はビート信号91、(s)はビート信号92、(t)は出力信号100の周波数スペクトラムを示している。

【0040】上記のように、図6(a)は、無変調である局部発振光30の周波数スペクトラムを示しており、その中心光周波数を $\nu 0$ とする。また、図6(n)および(p)は、FM変調光81および82の周波数スペクトラムを示しており、その中心光周波数をそれぞれ $\nu 5$ および $\nu 6$ とする。

【0041】光電気変換部41は、FM変調光81と局部発振光30とを合波して光電気変換することにより、光ヘテロダイン検波し、2つの信号の差の周波数成分のビート信号91を出力する。一般に、ビート信号以外の成分、例えばFM変調光81の強度変調成分等は、フィルタによって除去される。したがって、ビート信号91の周波数スペクトラムは、図6(r)のようになり、その中心周波数は、

$$f7 = \nu 5 - \nu 0$$

となる。実際上は、中心周波数が $f7$ となるように、AFC（自動周波数制御）により、FM変調用レーザ部21または局部発振レーザ部3内のレーザ光源の温度等が制御される。本実施形態の構成であれば、局部発振レーザ部3は、FM変調用レーザ部22とも関係するので、FM変調用レーザ21の光周波数つまり波長を制御する

ほうが容易である。

【0042】光電気変換部42も上記の光電気変換部41と同様の動作を行う。すなわち、FM変調光82と局部発振光30を合波して光電気変換することにより、光ヘテロダイン検波し、2つの信号の差の周波数成分のビート信号92を出力する。したがって、ビート信号92の周波数スペクトラムは図6(s)のようになり、その中心周波数は、

$$f7 = \nu 6 - \nu 0$$

となり、ビート信号91の中心周波数と同じである。

【0043】結合部6は、ビート信号91および92を加算、合成して、出力信号100を出力する。したがって、出力信号100の周波数スペクトラムは、図6(t)のようになり、その中心周波数は、ビート信号91および92と同じ $f7$ となる。したがって、FM変調光81および82の光周波数 $\nu 5$ および $\nu 6$ を制御することにより、出力信号100の周波数 $f7$ が安定化される。

【0044】FM変調用レーザ部21および22は、それぞれ同じ波形の分岐信号71および72に基づいて変調動作を行うので、FM変調光81および82の周波数偏移の極性は、互いに同じ関係にある。しかも、

$$\nu 5 > \nu 0 \text{ かつ } \nu 6 > \nu 0$$

の関係にあるので、ビート信号91および92の周波数偏移の極性も同じ関係になる。したがって、中心周波数と同じで周波数偏移が同じであれば、出力信号100の振幅は、ビート信号91および92の振幅の和となる。ビート信号91および92の振幅が同じであれば、出力信号100の振幅は、ビート信号91もしくは92の振幅の2倍となる。なお、ビート信号91および92が有しているノイズ成分も加算されることになるが、互いにランダムであるため、加算後のノイズの振幅は、2倍以下となる。

【0045】上記第3の実施形態では、光周波数の関係は、

$$\nu 5 > \nu 0 \text{ かつ } \nu 6 > \nu 0$$

としたが、反対に

$$\nu 5 < \nu 0 \text{ かつ } \nu 6 < \nu 0$$

でも同様の結果は得られる。

【0046】以上のように、第3の実施形態によれば、FM変調用レーザ部を2つ用いることにより、出力信号の振幅を2倍にでき、CNR性能を改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係るFM変調器の構成を示すブロック図である。

【図2】第1の実施形態のFM変調器の各部における周波数スペクトラムを示す模式図である。

【図3】本発明の第2の実施形態に係るFM変調器の構成を示すブロック図である。

【図4】第2の実施形態のFM変調器の各部における周波数スペクトラムを示す模式図である。

【図5】本発明の第3の実施形態に係るFM変調器の構成を示すブロック図である。

【図6】第3の実施形態のFM変調器の各部における周波数スペクトラムを示す模式図である。

【図7】従来のFM変調器の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

1…入力部

2, 21, 22…FM変調用レーザ部

3…局部発振レーザ部

* 5…混合部

6…合成部

7…分岐部

10…入力信号

11…非反転信号

12…反転信号

30…局部発振光

31~34, 81, 82…FM変調光

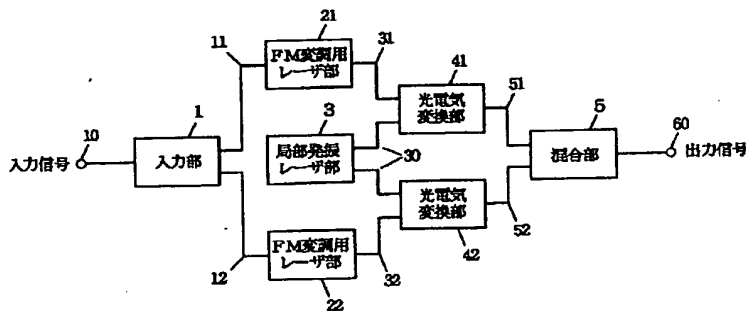
41, 42…光電気変換部

10 50, 60, 100…出力信号、

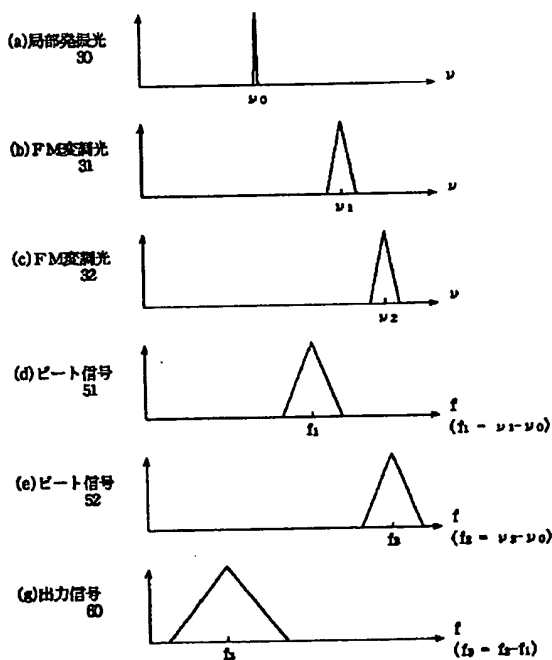
51~54, 91, 92…ビート信号

* 71, 72…分岐信号

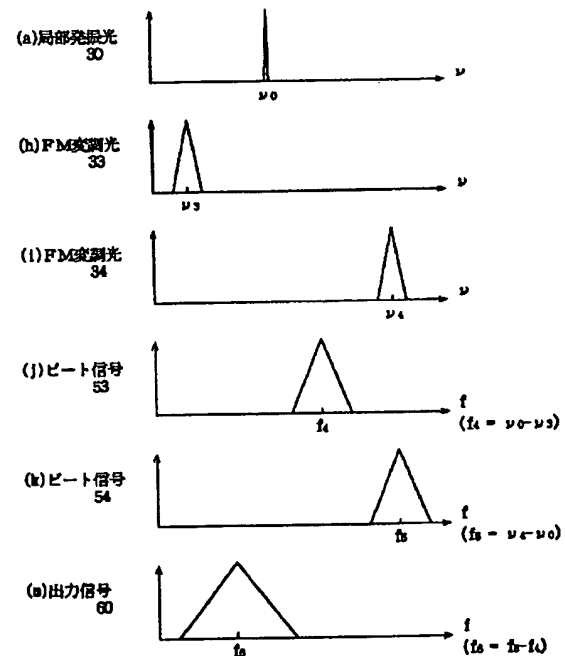
【図1】



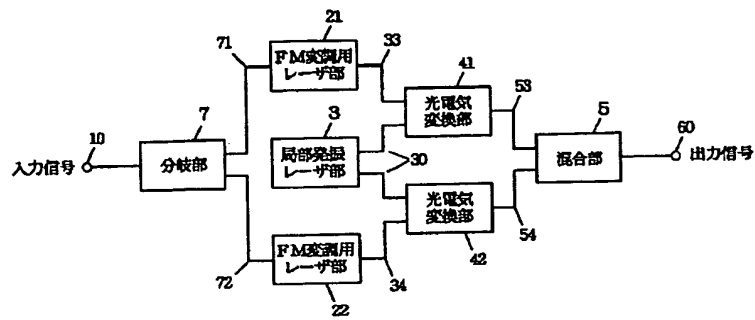
【図2】



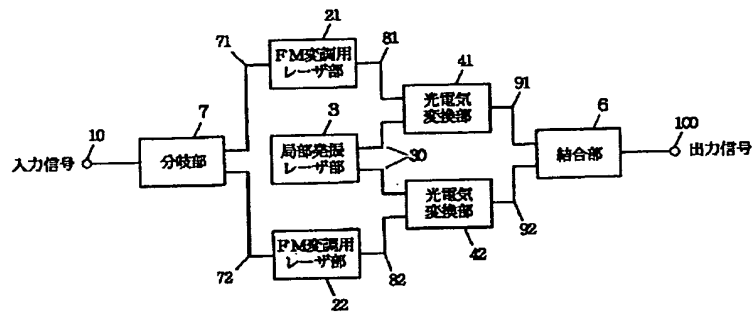
【図4】



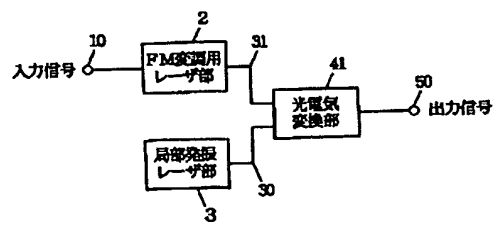
【図3】



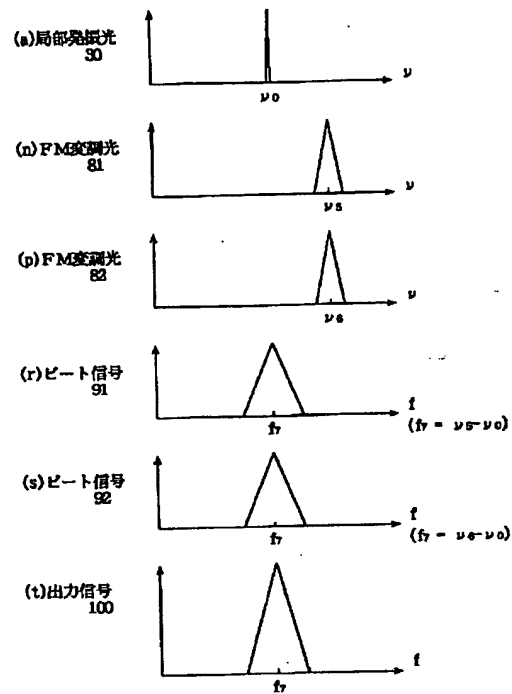
【図5】



【図7】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 布施 優
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 菊島 浩二
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内